

La inteligencia artificial en la cirugía oncológica esofagogástrica

Artificial intelligence in esophagogastric oncological surgery

Elías RODRÍGUEZ CUÉLLAR* , Elías DORADO RODRÍGUEZ** , Javier MARTÍNEZ CABALLERO* ,
Cristina ALEGRE TORRADO* , Pilar GÓMEZ RODRÍGUEZ* , Eduardo FERRERO HERRERO* 

* Servicio de Cirugía General,
Aparato Digestivo y Trasplante
de Órganos Abdominales.
Hospital Universitario 12 de Octubre.
Madrid, España.
** GMV Innovating Solutions

Autor de correspondencia:
Elías Rodríguez Cuéllar
ORCID [nº0000-0002-5651-2297](https://orcid.org/0000-0002-5651-2297)
Servicio de Cirugía General,
Aparato Digestivo y Trasplante
de Órganos Abdominales.
Hospital Universitario 12 de Octubre
Madrid España
email: elias.rodriguezcue@salud.madrid.org

Recibido: 11-09-2025
Revisado: 15-09-2025
Aceptado: 18-09-2025
Published: 28/11/2025

Descargo de responsabilidad/ Nota del editor:

Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones pertenecen exclusivamente a los autores y colaboradores individuales y no a Dykinson S.L. ni a los editores. Dykinson S.L. y/o el(los) editor(es) declinan toda responsabilidad por cualquier daño a personas o propiedad que resulte de cualquier idea, método, instrucción o producto mencionado en el contenido.

Este artículo, se distribuye bajo licencia Creative Commons Interaccional 4.0 No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND 4.0)

© 2025. Los autores. Publicado por Archivos de Cirugía

Resumen

Introducción: La inteligencia artificial (IA) está transformando la práctica médica y quirúrgica, impactando desde la organización de datos clínicos hasta la toma de decisiones intraoperatorias. En la oncología gástrica y esofágica, el desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático, redes neuronales profundas y visión computacional está mejorando la precisión diagnóstica y pronóstica, así como la seguridad quirúrgica.

Métodos: Se realizó una revisión narrativa de la literatura reciente sobre aplicaciones de IA en cirugía esofagogástrica, con especial énfasis en el diagnóstico endoscópico, predicción de resultados clínicos y apoyo intraoperatorio. Se analizaron avances en machine learning, deep learning, computer vision y procesamiento de lenguaje natural aplicados a estas patologías.

Resultados: Los modelos de *machine learning* se han aplicado con éxito en el análisis de imágenes endoscópicas y radiológicas, mejorando la detección temprana de tumores esofágicos y gástricos. Las redes neuronales profundas han demostrado alta sensibilidad y especificidad en la predicción de morbilidad hospitalaria, respuesta a tratamientos neoadyuvantes y supervivencia en cáncer gástrico. La visión artificial ha permitido la identificación automática de estructuras anatómicas y márgenes tumorales, optimizando la resección quirúrgica y reduciendo errores intraoperatorios. Además, el uso combinado de IA y robótica sugiere un futuro hacia la automatización parcial de procedimientos repetitivos. No obstante, la validación externa de modelos sigue siendo insuficiente, y persisten limitaciones relacionadas con la opacidad de los algoritmos ("caja negra"), la protección de datos y la equidad en el acceso.

Conclusiones: La IA en la oncología quirúrgica gástrica y esofágica ofrece un potencial disruptivo en diagnóstico, predicción y apoyo intraoperatorio. Sin embargo, su implementación clínica debe avanzar con cautela, asegurando validación rigurosa, transparencia algorítmica y una integración ética que la consolide como herramienta de apoyo al juicio clínico del cirujano.

Palabras Clave: Inteligencia artificial; cirugía esofágica; cirugía gástrica; cirugía robótica; cáncer gástrico; reflujo gastroesofágico.

Abstract

Introduction: Artificial intelligence (AI) is transforming medical and surgical practice, influencing everything from data management to intraoperative decision-making. In gastric and esophageal oncology, the development of machine learning algorithms, deep neural networks, and computer vision is enhancing diagnostic and prognostic accuracy as well as surgical safety.

Methods: A narrative review of recent literature on AI applications in esophagogastric surgery was performed, with a focus on diagnosis, prediction of clinical outcomes, and intraoperative support. Advances in machine learning, deep learning, computer vision, and natural language processing applied to these pathologies were analyzed.



Results: Machine learning models have been successfully applied to the analysis of endoscopic and radiological images, improving early detection of esophageal and gastric tumors. Deep neural networks have demonstrated high sensitivity and specificity in predicting in-hospital morbidity and mortality, response to neoadjuvant therapy, and survival in gastric cancer. Computer vision has enabled automatic identification of anatomical structures and tumor margins, optimizing oncologic resection and reducing intraoperative errors. Moreover, the combined use of AI and robotics suggests a future trend toward partial automation of repetitive surgical procedures. However, external validation of models remains insufficient, and limitations persist regarding algorithmic opacity ("black box"), data protection, and equitable access.

Conclusions: AI in gastric and esophageal oncologic surgery offers disruptive potential in diagnosis, prediction, and intraoperative support. Nevertheless, clinical implementation must progress cautiously, ensuring rigorous validation, algorithmic transparency, and ethical integration so that AI becomes a supportive tool rather than a replacement for the surgeon's clinical judgment.

Keywords: Artificial intelligence; gastric cancer; esophageal cancer; surgical oncology; machine learning; computer vision.

Lista de abreviaturas

AI:	Artificial Intelligence (<i>Inteligencia Artificial</i>)
CPU:	Central Processing Unit (<i>Unidad Central de Procesamiento</i>)
CNN:	Convolutional Neural Network (<i>Red Neuronal Convolutacional</i>)
AUC:	Area Under the Curve (<i>Área bajo la curva</i>)
SurvivalCNN:	Survival Convolutional Neural Network (<i>Red Neuronal Convolutacional para predicción de supervivencia</i>)

Introducción

La Inteligencia Artificial (IA), y más concretamente sus aplicaciones, han pasado de ser un concepto futurista descrito por Kubrick o Asimov en ciudades gigantes desarrolladas en las estrellas o en odiseas espaciales a integrarse en una capa casi invisible que forma parte de nuestra vida diaria. En el transporte, un algoritmo novedoso de IA optimiza las rutas alternativas en base al tráfico según la hora; en nuestro bolsillo, el teléfono optimiza el brillo de la pantalla, la CPU y sus notificaciones según el patrón de uso registrado; en casa, un sistema inteligente de aerotermia gestiona la temperatura de la vivienda según la energía generada por los paneles solares, el clima, los horarios y un sinfín de factores que no controlamos; finalmente, encendemos el televisor –o la Tablet– y un algoritmo de recomendaciones, que se nutre de nuestros datos agregados, nos sugiere un catálogo de contenidos personalizado según el perfil identificado para nuestro usuario.

Estas interacciones, discretas pero continuas, describen como la Inteligencia Artificial influye en la realidad que vivimos, anticipando un impacto

mayor a medida que se consoliden y avancen, retroalimentados, estos miles de elementos móviles que se agrupan bajo el paraguas de la IA. Sensores, capacidad de cómputo, agregación de datos, perfilado de usuarios, reasignación de prioridades... Todo ello describe cómo se está reconfigurando la productividad y el horizonte profesional también en cirugía, en base a esta nueva tendencia que ha venido a quedarse, como lo fue en su día el smartphone.

Se están desarrollando diferentes familias de herramientas muy diferenciadas: asistentes virtuales, reconocimiento de imágenes médicas, radiómica, algoritmos de diagnóstico, simuladores quirúrgicos, análisis en tiempo real de cirugías o realidad aumentada (superposición de imágenes durante la cirugía) que conviven con herramientas mucho más amplias y accesibles como Gemini y GPT-4. El aprendizaje reforzado se alterna con el razonamiento simbólico en la optimización de procesos de ingeniería mientras las redes neuronales de múltiples modalidades integran diversas entradas en una única salida de contenido audiovisual. Todo este aluvión de tecnologías, opciones y progreso culminan en una enorme oferta de herramientas que utiliza-



das correctamente suponen cada vez más una ayuda en nuestra práctica clínica diaria.

IA y la oncología quirúrgica gástrica y esofágica

El aspecto en que más ha evolucionado la IA en patología oncológica esofagogástrica, es en el diagnóstico y tratamiento. En simulación, realidad virtual o asistentes quirúrgicos los avances prácticos han sido más limitados, diversas plataformas están trabajando en la recolección de datos, entrenamiento de máquinas y etiquetado de imágenes/vídeos.

La IA puede subdividirse en cuatro campos principales: machine learning (aprendizaje reforzado, supervisado y no supervisado), redes neuronales (neural networks-Deep learning), visión artificial (computer visión) y procesado de lenguaje natural¹.

El machine learning está formado por algoritmos entrenados en identificar patrones, se utiliza en el análisis de grandes cantidades de datos, así han nacido los asistentes para el diagnóstico por imagen o endoscopia. En el diagnóstico, existen múltiples herramientas aplicadas a imágenes endoscópicas, anatomopatológicas y radiológicas que mejoran la precisión diagnóstica.

Los sistemas de predicción basados en Deep learning están constituidos por múltiples capas de redes neuronales, cada subgrupo analiza un conjunto de datos y posteriormente se unifican, esto permite un análisis en profundidad de los datos. En la clínica se ha conseguido una alta sensibilidad y especificada en la predicción de morbilidad hospitalaria² o en el análisis de imágenes radiológicas o endoscópicas por ejemplo. También permiten estimar la probabilidad de respuesta a neoadyuvancia, la resecabilidad o el riesgo de recidiva tumoral.

En cáncer de esófago³, se ha desarrollado la herramienta Deep Learning for Endoscopic Image Analysis: se trata de una red neuronal convolucional (CNN) para analizar imágenes endoscópicas para la detección temprana de tumores esofágicos. Este modelo ha demostrado una alta sensibilidad y especificidad, mejorando la precisión diagnósti-

ca y reduciendo las tasas de diagnósticos erróneos⁴. También existen modelos para el cribado poblacional como el Esophageal Squamous Cell Carcinoma Screening, es una herramienta de cribado no invasiva basada en IA para identificar a los pacientes de alto riesgo de neoplasias epidermoides esofágicas. El modelo alcanzó un área bajo la curva (AUC) de 0,91, lo que indica un fuerte rendimiento predictivo⁵. Herramientas pronósticas, como el Deep Learning for Gastric Cancer Survival Prediction, es una estructura de predicción de la supervivencia basada en el aprendizaje profundo, denominada SurvivalCNN, para pacientes con cáncer gástrico. El modelo utilizó datos clínicos para predecir la supervivencia de los pacientes, demostrando resultados prometedores^{6,7}.

La visión artificial dispone de equipos con la capacidad de obtener e interpretar imágenes o vídeos. Se ha utilizado en videos de endoscopias, en cirugía para ayuda en la toma de decisiones⁸ y en la mejora de la seguridad analizando intervenciones en las que se identifican pasos no planificados u olvidados⁹. En la intervención quirúrgica, se están entrenando plataformas para mejorar la seguridad y precisión, mediante el reconocimiento automático de estructuras anatómicas, márgenes tumorales (fluorescencia), segmentación algorítmica de estructuras y optimización de la resección oncológica generando intraoperatoriamente recomendaciones o alarmas¹⁰. La IA junto a la robótica permitirán la automatización de procedimientos quirúrgicos repetitivos por ejemplo anastomosis.

También existen tecnologías que integran modelos generativos y lenguaje natural que permiten la documentación automática y retroalimentación mejorando la formación o por ejemplo determinación del riesgo de fístula anastomótica.

Limitaciones actuales de la IA en cirugía oncológica

La IA está en plena carrera para su desarrollo e implantación, pero la validación de los modelos es todavía limitada. No se han estandarizado los protocolos de evaluación externa ni las bases de datos utilizadas son auditadas y verificadas sistemática-



mente. Los algoritmos no están disponibles para su análisis (caja negra) y muchas veces su complejidad y autoaprendizaje hacen que sean opacos incluso para sus programadores, todo ello hace que existan dudas sobre su infalibilidad o seguridad.

Por otro lado, se debate que la IA debe ser una herramienta de apoyo, no un sustituto del juicio clínico o de las decisiones que tome el cirujano intraoperatoriamente.

Finalmente, existe preocupación por aspectos como la protección de datos, el consentimiento informado o el acceso equitativo a la IA.

Conclusiones

La IA en la oncología quirúrgica gástrica y esofágica ofrece un potencial disruptivo en diagnóstico, predicción y apoyo intraoperatorio. Sin embargo, su implementación clínica debe avanzar con cautela, asegurando validación rigurosa, transparencia algorítmica y una integración ética que la consolide como herramienta de apoyo al juicio clínico del cirujano.

Bibliografía

1. Shukla A, Chaudhary R, Nayyar N. Role of artificial intelligence in gastrointestinal surgery. *Artif Intell Cancer* 2024; 5(2): 97317
2. Yang YJ, Bang CS. Application of artificial intelligence in gastroenterology. *World J Gastroenterol.* 2019;25:1666-1683
3. Theocharopoulos C, Davakis S, Ziogas DC, Theocharopoulos A, Foteinou D, Mylonakis A, Katsaros I, Gogas H, Charalabopoulos A. Deep Learning for Image Analysis in the Diagnosis and Management of Esophageal Cancer. *Cancers (Basel).* 2024 Sep 26;16(19):3285. doi: [10.3390/cancers16193285](https://doi.org/10.3390/cancers16193285). PMID: 39409906; PMCID: PMC11475041.
4. Baik YS, Lee H, Kim YJ, Chung JW, Kim KG. Early detection of esophageal cancer: Evaluating AI algorithms with multi-institutional narrowband and white-light imaging data. *PLoS One.* 2025 Apr 4;20(4):e0321092. doi: [10.1371/journal.pone.0321092](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0321092). PMID: 40184395; PMCID: PMC11970661. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11970661/>
5. Waki, K., Nagaoka, K., Okubo, K. *et al.* Optimizing AI models to predict esophageal squamous cell carcinoma risk by incorporating small datasets of soft palate images. *Sci Rep* 15, 4003 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86829-8>
6. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-86829-8>
7. Survival CNN: a Deep learning-based method for gastric cancer survival prediction using radiological imaging data and clinicopathological variables Hao D, Li Q, Feng QX, Qi L, Liu XS, Arefan D, Zhang YD, Wu S. *Artif Intell Med.* 2022 Dec;134:102424. doi: [10.1016/j.artmed.2022.102424](https://doi.org/10.1016/j.artmed.2022.102424). Epub 2022 Oct 19. PMID: 36462894. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0933365722001762>
8. Wang Y, Wang YG, Hu C, Li M, Fan Y, Otter N, Sam I, Gou H, Hu Y, Kwok T, Zalberg J, Boussioutas A, Daly RJ, Montúfar G, Liò P, Xu D, Webb GI, Song J. Cell graph neural networks enable the precise prediction of patient survival in gastric cancer. *NPJ Precis Oncol.* 2022 Jun 23;6(1):45. doi: [10.1038/s41698-022-00285-5](https://doi.org/10.1038/s41698-022-00285-5). PMID: 35739342; PMCID: PMC9226174.
9. Kenngott HG, Wagner M, Nickel F, Wekerle AL, Preukschas A, Apitz M, Schulte T, Rempel R, Mietkowski P, Wagner F, Termer A, Müller-Stich BP. Computer-assisted abdominal surgery: new technologies. *Langenbecks Arch Surg.* 2015;400:273-281. Volkov M, Hashimoto DA, Rosman G, Meireles OR, Rus D. Machine Learning and Coresets for Automated Real-Time Video Segmentation of Laparoscopic and Robot-Assisted Surgery. *IEEE International Conference on Robotics and Automation.* Singapore, 2017: 754-759.
10. Hashimoto DA, Rosman G, Witkowski ER, Stafford C, Navarette-Welton AJ, Rattner DW, Lillemoe KD, Rus DL, Meireles OR. Computer Vision Analysis of Intraoperative Video: Automated Recognition of Operative Steps in Laparoscopic Sleeve Gastrectomy. *Ann Surg.* 2019;270:414-421.

